

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 818 795

(21) N° d'enregistrement national :

00 17113

(51) Int Cl⁷ : H 01 H 61/02, H 01 H 37/54, 1/00, B 81 B 3/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 27.12.00.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement de caractère scientifique technique et industriel — FR.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.06.02 Bulletin 02/26.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : CHARVET PIERRE LOUIS et DUFOUR MICHEL.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : BREVATOMÉ.

(54) MICRO-DISPOSITIF A ACTIONNEUR THERMIQUE.

(57) L'invention concerne un micro-commutateur comprenant des moyens conducteurs situés à un premier niveau et des moyens conducteurs situés à un deuxième niveau, les moyens conducteurs du premier niveau étant portés par un élément déformable pouvant basculer au moyen d'un actionneur à effet bilame, le basculement ayant pour effet de modifier l'écartement entre les moyens conducteurs du premier niveau et les moyens conducteurs du deuxième niveau, caractérisé en ce que l'actionneur à effet bilame est constitué par des moyens résistifs en contact intime et localisé avec l'élément déformable, les moyens résistifs étant aptes, lorsqu'ils sont traversés par un courant électrique de commande, à se dilater suffisamment sous l'effet de la chaleur produite par le passage du courant électrique de commande pour provoquer, par effet bilame, le basculement de l'élément déformable avant que la chaleur produite dans les moyens résistifs ait pu se propager dans l'élément déformable.

FR 2 818 795 - A1



MICRO-DISPOSITIF A ACTIONNEUR THERMIQUE**DESCRIPTION****5 Domaine technique**

La présente invention concerne un micro-dispositif à élément déformable sous l'effet d'un actionneur thermique. Ce micro-dispositif peut 10 constituer un micro-commutateur particulièrement adapté à la commutation de signaux radiofréquence.

Etat de la technique antérieure

15 Les micro-commutateurs sont des micro-dispositifs utilisés de plus en plus dans les dispositifs électroniques modernes dont l'une des caractéristiques importantes est leur taille de plus en plus réduite. C'est le cas notamment des téléphones portables. La conception d'un micro-commutateur pour ce 20 type de matériel se heurte au délicat problème de la puissance disponible embarquée pour pouvoir actionner les micro-commutateurs. La commande des micro-commutateurs actuels doit pouvoir se faire pour des 25 tensions faibles (3V par exemple) et en des temps très courts.

Le document "Micromechanical relay with electrostatic actuation and metallic contacts" de M.-A. GRETILLAT et al., Transducers'99, June 7-10, 1999, 30 Sendai, Japon, divulgue un micro-commutateur à commande

électrostatique nécessitant une commande de l'ordre de 20 V.

Le document "Bulk micromachined relay with lateral contact" de Zhihong LI et al., paru dans J. 5 Micromech. Microeng. 10 (2000), pages 329-333, divulgue un relais à commande électrostatique mettant en œuvre des surfaces en regard importantes. Il en résulte un amortissement pneumatique. Le système est amorti et les temps de commutation augmentent. Par ailleurs, la 10 réalisation technique du contact de la ligne active est très difficile et la multitude d'électrodes impliquées favorise des perturbations dans la commande sur le signal radiofréquence véhiculé par la ligne active.

Le document FR-A-2 772 512 divulgue un 15 microsystème, utilisable notamment pour réaliser des micro-rupteurs ou des micro-valves, constitué sur un substrat et servant à obtenir un basculement entre un premier état de fonctionnement et un deuxième état de fonctionnement grâce à un actionneur thermique à effet 20 bilame. L'actionneur comprend un élément déformable rattaché, par des extrémités opposées, au substrat de façon à présenter naturellement une déflexion sans contrainte par rapport à une surface du substrat qui lui est opposée, cette déflexion naturelle déterminant 25 le premier état de fonctionnement, le deuxième état de fonctionnement étant provoqué par l'actionneur thermique qui induit, sous l'effet d'une variation de température, une déformation de l'élément déformable tendant à diminuer sa déflexion et le soumettant à une 30 contrainte de compression qui entraîne son basculement par effet de flambage dans une direction opposée à sa

déflexion naturelle. Ce dispositif nécessite un échange thermique relativement important pour sa commande. Lorsque la résistance de commande est chauffée, la poutre constituant l'élément déformable dissipe une partie importante de l'apport de chaleur (par rayonnement, conduction). Il faut tenir compte de cette perte d'énergie thermique pour l'énergie à apporter à la commande du bilame. Par ailleurs, le temps de basculement de la structure est relativement long du fait du temps nécessaire à la conduction thermique et aussi du fait des pertes par rayonnement avec l'environnement qu'il faut compenser durant le chauffage.

15 Exposé de l'invention

Pour remédier aux inconvénients cités ci-dessus, il est proposé un micro-dispositif comprenant des moyens conducteurs situés à un premier niveau et 20 des moyens conducteurs situés à un deuxième niveau, les moyens conducteurs du premier niveau étant portés par un élément déformable pouvant basculer au moyen d'un actionneur à effet bilame, le basculement ayant pour effet de modifier l'écartement entre les moyens 25 conducteurs du premier niveau et les moyens conducteurs du deuxième niveau, caractérisé en ce que l'actionneur à effet bilame est constitué par des moyens résistifs en contact intime et localisé avec l'élément déformable, les moyens résistifs étant aptes, 30 lorsqu'ils sont traversés par un courant électrique de commande, à se dilater suffisamment sous l'effet de la

chaleur produite par le passage du courant électrique de commande pour provoquer, par effet bilame, le basculement de l'élément déformable avant que la chaleur produite dans les moyens résistifs ait pu se 5 propager dans l'élément déformable.

De préférence, l'élément déformable est une poutre ou une membrane.

Des moyens de maintien électrostatique peuvent être prévus pour maintenir l'élément déformable 10 dans la position qu'il présente après son basculement, lorsque le courant électrique de commande est annulé. Les moyens de maintien électrostatique peuvent comprendre au moins une paire d'électrodes en vis-à-vis, l'une de ces électrodes étant solidaire de 15 l'élément déformable, l'autre étant située de façon que, lorsque l'élément déformable a basculé, l'écart entre les électrodes en vis-à-vis soit minimal.

Selon une variante de réalisation, les moyens de maintien électrostatique comprennent au moins 20 une paire d'électrodes en vis-à-vis, l'une de ces électrodes étant solidaire de l'élément déformable, l'autre étant situé de façon que, lorsque l'élément déformable a basculé, les électrodes soient en contact 25 l'une avec l'autre mais séparées par des moyens d'isolation électrique.

Les moyens résistifs peuvent comprendre au moins une couche déposée sous la forme d'une onde. Ceci permet d'obtenir une meilleure efficacité pour l'actionneur.

De préférence, les moyens résistifs sont en un matériau choisi parmi l'aluminium, le manganèse, le zinc, l'or, le platine, le nickel et l'inconel 600.

Si le micro-dispositif est réalisé par les 5 techniques de la micro-technologie, l'élément déformable peut provenir d'une couche déposée sur un substrat.

Selon un premier mode de mise en œuvre, les moyens conducteurs situés au deuxième niveau 10 comprennent un premier contact de ligne et un deuxième contact de ligne, le basculement de l'élément déformable ayant pour effet d'annuler l'écartement entre les moyens conducteurs du premier niveau et les moyens conducteurs du deuxième niveau, les moyens 15 conducteurs du premier niveau assurant ainsi une liaison électrique entre le premier contact et le deuxième contact, le micro-dispositif constituant ainsi un micro-commutateur. Avantageusement, les moyens conducteurs portés par l'élément déformable sont 20 constitués par un plot conducteur.

Selon un deuxième mode de mise en œuvre, les moyens conducteurs du premier niveau et les moyens conducteurs du deuxième niveau constituent respectivement une première électrode et une deuxième 25 électrode de condensateur, ce condensateur présentant une première valeur de capacité avant le basculement de l'élément déformable et une deuxième valeur de capacité après le basculement de l'élément déformable.

Selon une variante de réalisation, une 30 couche isolante de constante diélectrique élevée sépare la première électrode et la deuxième électrode du

condensateur. Cette couche isolante, d'épaisseur inférieure à 0,1 µm par exemple, peut être située sur l'une des deux électrodes ou sur les deux.

5 Brève description des dessins

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre 10 d'exemple non limitatif, accompagnée des dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique et en perspective d'un micro-commutateur selon l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des vues, 15 respectivement en coupe longitudinale et transversale, du micro-commutateur représenté en perspective sur la figure 1,
- la figure 4 est une vue du micro-commutateur correspondant à la figure 2 mais dans le 20 cas où l'actionneur thermique a été activé,
- la figure 5 est une vue de détail du micro-commutateur représenté aux figures 1 à 4 et montrant un mode de réalisation de l'actionneur thermique,
- 25 - la figure 6 est une vue de dessus d'un élément résistif préférentiel utilisable pour le micro-commutateur selon l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 (vue en perspective) et les 5 figures 2 et 3 (vues en coupe) illustrent un micro-commutateur selon la présente invention.

Ce micro-commutateur est réalisé sur un substrat 1 par exemple en silicium, en silice, en verre ou en quartz. Le substrat 1 supporte un premier tronçon 10 de ligne 2 terminé par un contact 4 et un deuxième tronçon de ligne 3 terminé par un contact 5. Les contacts 4 et 5 sont simplement séparés par un faible intervalle.

Le substrat 1 supporte une ou plusieurs 15 couches, en matériau isolant électrique, désignées sous la référence unique 10 et à partir de laquelle a été réalisé un élément déformable sous forme de poutre 11 (par exemple en nitrule de silicium ou en oxyde de silicium) pouvant se déformer dans une cavité 12 de la 20 couche 10 révélant le substrat 1 et les contacts 4 et 5. La poutre 11 est pourvue, côté cavité 12, d'un plot conducteur 13 apte à assurer une liaison électrique entre les contacts 4 et 5 lorsque la poutre 11 fléchit dans la cavité 12. Ce micro-commutateur peut être 25 réalisé par le procédé divulgué dans le document FR-A-2 772 512 cité plus haut.

La poutre (ou la membrane le cas échéant) peut être formée par un empilement de couches de coefficient de dilatation différents.

30 La poutre 11 supporte deux éléments résistifs 14 et 15 situés vers les extrémités de la

poutre. Ces éléments résistifs peuvent être des dépôts d'un matériau conducteur par exemple de l'aluminium, du manganèse, du zinc, de l'or, du platine, du nickel ou de l'inconel 600. Ils sont reliés à des sources de courant par des lignes de connexion non représentées.

La figure 2 montre des électrodes de maintien électrostatique disposées par paires et en vis-à-vis : la paire d'électrodes 16 et 17 d'une part et la paire d'électrodes 18 et 19 d'autre part. Les électrodes 16 et 18 sont supportées par la poutre 11. Elles peuvent aussi être incluses dans la poutre. Les électrodes 17 et 19 sont disposées au fond de la cavité 12, sur le substrat 1. Des lignes de connexion non représentées permettent de relier ces électrodes à des sources de tension appropriées.

Les figures 2 et 3 montrent le micro-commutateur au repos, l'actionneur n'étant pas activé. Le plot conducteur 13 n'assure pas la liaison électrique entre les contacts 4 et 5.

Lorsque l'actionneur est activé par passage d'un courant électrique dans les éléments résistifs 14 et 15, l'apport de chaleur qui en résulte provoque, par effet bilame, le fléchissement de la poutre vers le fond de la cavité 12. Le plot conducteur 13 vient appuyer sur les contacts 4 et 5 et assure la liaison électrique entre les tronçons de ligne 2 et 3. C'est ce que montre la figure 4.

Les électrodes 16 et 17 d'une part et 18 et 19 d'autre part, qui sont alors à leur écartement minimal ou en contact mais séparées par une couche isolante de faible épaisseur, assurent par

l'application de tensions appropriées le maintien électrostatique de la poutre fléchie lorsque le courant électrique a cessé de passer dans les éléments résistifs 14 et 15. Les tensions de maintien 5 électrostatique peuvent être appliquées aux électrodes 16, 17 et 18, 19 lorsque l'actionneur thermique a déjà causé le fléchissement de la poutre. Elles peuvent aussi être appliquées avant le fléchissement de la poutre de manière à accélérer ce fléchissement.

10 Pour ouvrir le micro-commutateur, il suffit d'annuler les tensions de maintien électrostatique. La poutre revient alors à sa position de repos et ceci d'autant plus rapidement que les parties chauffées par les éléments résistifs ont eu le temps de se refroidir.

15 Pour que le fléchissement de la poutre se fasse le plus rapidement possible, de même que le retour à sa position de repos, il faut que l'actionneur thermique ait un comportement de type quasi-adiabatique. Pour cela, l'effet bilame concernant la 20 poutre et l'élément résistif n'intervient que sur une partie de la poutre, mais ceci est suffisant pour provoquer son basculement.

Le temps de montée en température des éléments 14 et 15 doit être très court pour une 25 application à la commutation de signaux radiofréquence, en règle générale inférieur à 10 μ s. Ils doivent donc être constitués d'un matériau qui chauffe très rapidement. Il faut considérer le module d'Young et le coefficient de dilatation thermique. Parallèlement, il 30 faut déterminer ses caractéristiques géométriques.

En pratique, on choisit un matériau qui est susceptible de convenir. L'évolution de la flèche de la poutre en fonction d'une température appliquée est examinée. Cette évolution a sensiblement la forme d'une sinusoïde. La température qui permet d'obtenir un contact dans le cas d'un commutateur (ou la capacité désirée dans le cas d'un condensateur variable) est déterminée. Après cela, on détermine les deux points d'inflexion de la sinusoïde. La longueur 5 particulièrement intéressante à donner à l'élément résistif est celle déterminée à partir de la distance entre le point d'encastrement de la poutre et le point 10 d'inflexion.

Le comportement mécanique de la poutre est étudié pour déterminer son épaisseur la mieux adaptée puis sa géométrie la plus favorable. La température de basculement est alors déterminée.

La commande de fléchissement consiste à chauffer uniquement les éléments résistifs sans 20 chauffer la poutre adjacente ou l'environnement des éléments résistifs. Pour le retour à la position non fléchie, les éléments résistifs doivent en principe revenir à la température ambiante avant que le maintien électrostatique ne soit relâché.

25 La figure 5 montre un mode de réalisation de l'actionneur thermique. C'est une vue de détail de l'une des extrémités de la poutre 11. Lorsqu'un courant électrique d'activation de l'actionneur traverse l'élément résistif 15, la chaleur qui en résulte dilate 30 l'élément résistif et permet de faire fléchir la poutre.

La figure 6 est une vue de dessus d'un élément résistif 25 utilisable par la présente invention. Cette vue montre que l'élément résistif 25 possède la forme d'une onde. Elle a l'avantage de 5 procurer une meilleure efficacité à l'actionneur thermique.

Le micro-commutateur selon l'invention fonctionne pour une tension disponible de 3 V. Pour utiliser au mieux cette valeur de tension, il est 10 préférable de disposer de deux éléments résistifs alimentés en série.

REVENDICATIONS

1. Micro-dispositif comprenant des moyens conducteurs (13) situés à un premier niveau et des moyens conducteurs (4, 5) situés à un deuxième niveau, les moyens conducteurs (13) du premier niveau étant portés par un élément déformable (11) pouvant basculer au moyen d'un actionneur à effet bilame, le basculement ayant pour effet de modifier l'écartement entre les moyens conducteurs (13) du premier niveau et les moyens conducteurs (4, 5) du deuxième niveau, caractérisé en ce que l'actionneur à effet bilame est constitué par des moyens résistifs (14, 15) en contact intime et localisé avec l'élément déformable (11), les moyens résistifs (14, 15) étant aptes, lorsqu'ils sont traversés par un courant électrique de commande, à se dilater suffisamment sous l'effet de la chaleur produite par le passage du courant électrique de commande pour provoquer, par effet bilame, le basculement de l'élément déformable (11) avant que la chaleur produite dans les moyens résistifs (14, 15) ait pu se propager dans l'élément déformable (11).

2. Micro-dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément déformable est une poutre (11) ou une membrane.

3. Micro-dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que des moyens de maintien électrostatique sont prévus pour maintenir l'élément déformable (11) dans la position qu'il

présente après son basculement, lorsque le courant électrique de commande est annulé.

4. Micro-dispositif selon la revendication
5 3, caractérisé en ce que les moyens de maintien électrostatique comprennent au moins une paire d'électrodes (16, 17 ; 18, 19) en vis-à-vis, l'une de ces électrodes étant solidaire de l'élément déformable (11), l'autre étant située de façon que, lorsque
10 l'élément déformable a basculé, l'écart entre les électrodes en vis-à-vis soit minimal.

5. Micro-dispositif selon la revendication
3, caractérisé en ce que les moyens de maintien électrostatique comprennent au moins une paire d'électrodes en vis-à-vis, l'une de ces électrodes étant solidaire de l'élément déformable, l'autre étant situé de façon que, lorsque l'élément déformable a basculé, les électrodes soient en contact l'une avec
20 l'autre mais séparées par des moyens d'isolation électrique.

6. Micro-dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les
25 moyens résistifs (25) comprennent au moins une couche déposée sous la forme d'une onde.

7. Micro-dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les
30 moyens résistifs (14, 15) sont en un matériau choisi

parmi l'aluminium, le manganèse, le zinc, l'or, le platine, le nickel et l'inconel 600.

8. Micro-dispositif selon l'une quelconque
5 des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, le micro-dispositif étant réalisé par les techniques de la micro-technologie, l'élément déformable (11) provient d'une couche (10) déposée sur un substrat (1).

9. Micro-dispositif selon l'une quelconque
10 des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les moyens conducteurs situés au deuxième niveau comprennent un premier contact de ligne (4) et un deuxième contact de ligne (5), le basculement de l'élément déformable ayant pour effet d'annuler
15 l'écartement entre les moyens conducteurs (13) du premier niveau et les moyens conducteurs du deuxième niveau, les moyens conducteurs du premier niveau assurant ainsi une liaison électrique entre le premier contact (4) et le deuxième contact (5), le micro-dispositif constituant ainsi un micro-commutateur.
20

10. Micro-dispositif selon la revendication
9, caractérisé en ce que les moyens conducteurs portés par l'élément déformable sont constitués par un plot
25 conducteur (13).

11. Micro-dispositif selon l'une quelconque
des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les moyens conducteurs du premier niveau et les moyens
30 conducteurs du deuxième niveau constituent respectivement une première électrode et une deuxième

électrode de condensateur, ce condensateur présentant une première valeur de capacité avant le basculement de l'élément déformable et une deuxième valeur de capacité après le basculement de l'élément déformable.

5

12. Micro-dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'une couche isolante de constante diélectrique élevée sépare la première électrode et la deuxième électrode du condensateur.

10

1/3

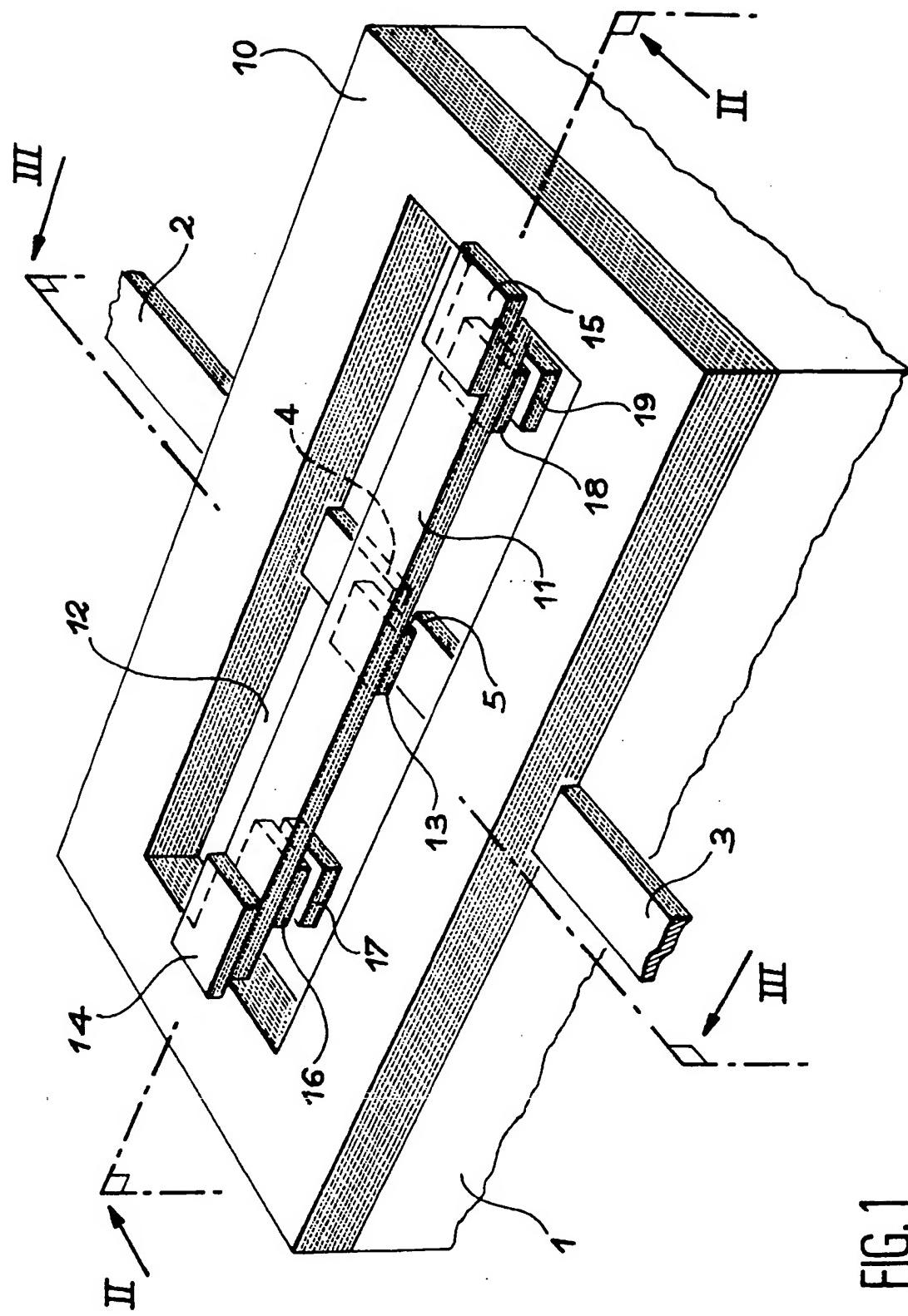


FIG. 1

2 / 3

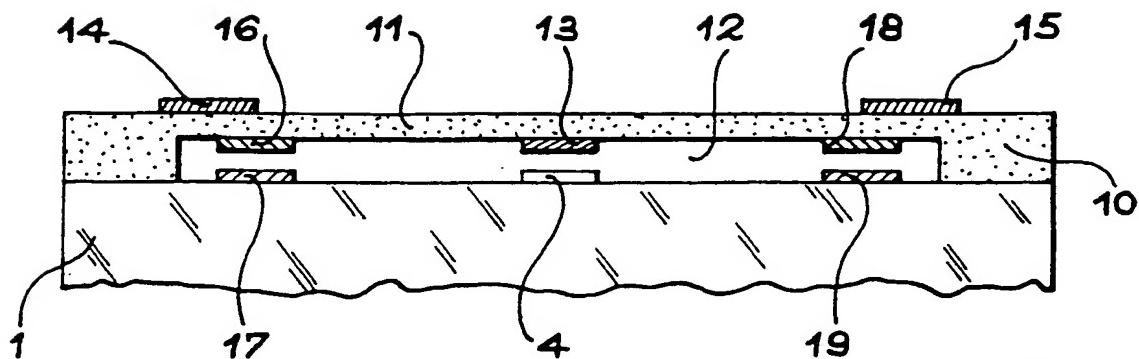


FIG. 2

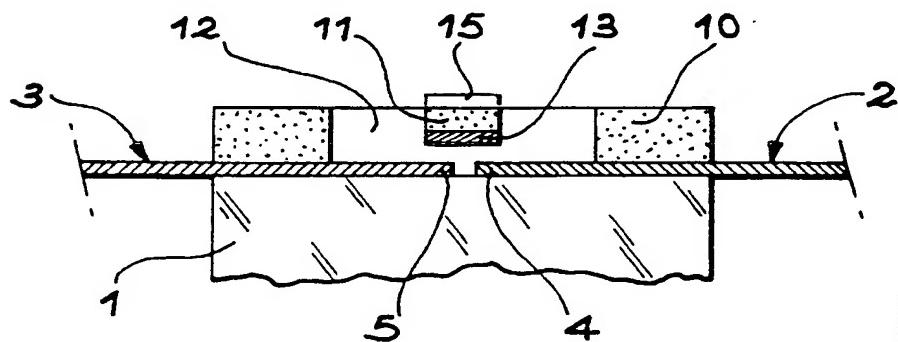


FIG. 3

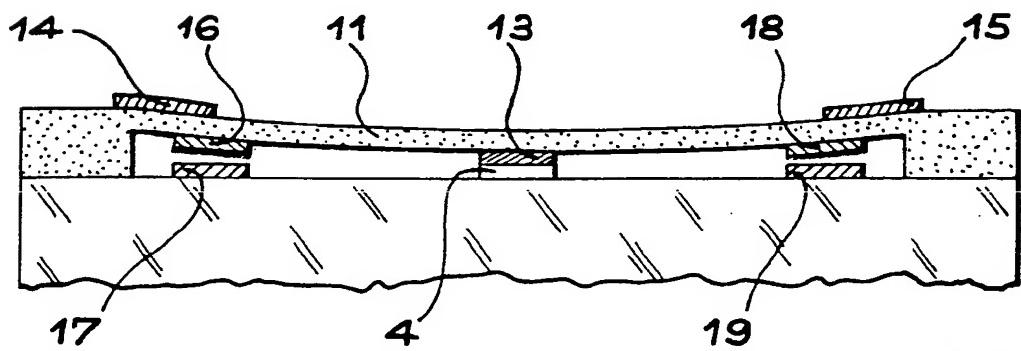
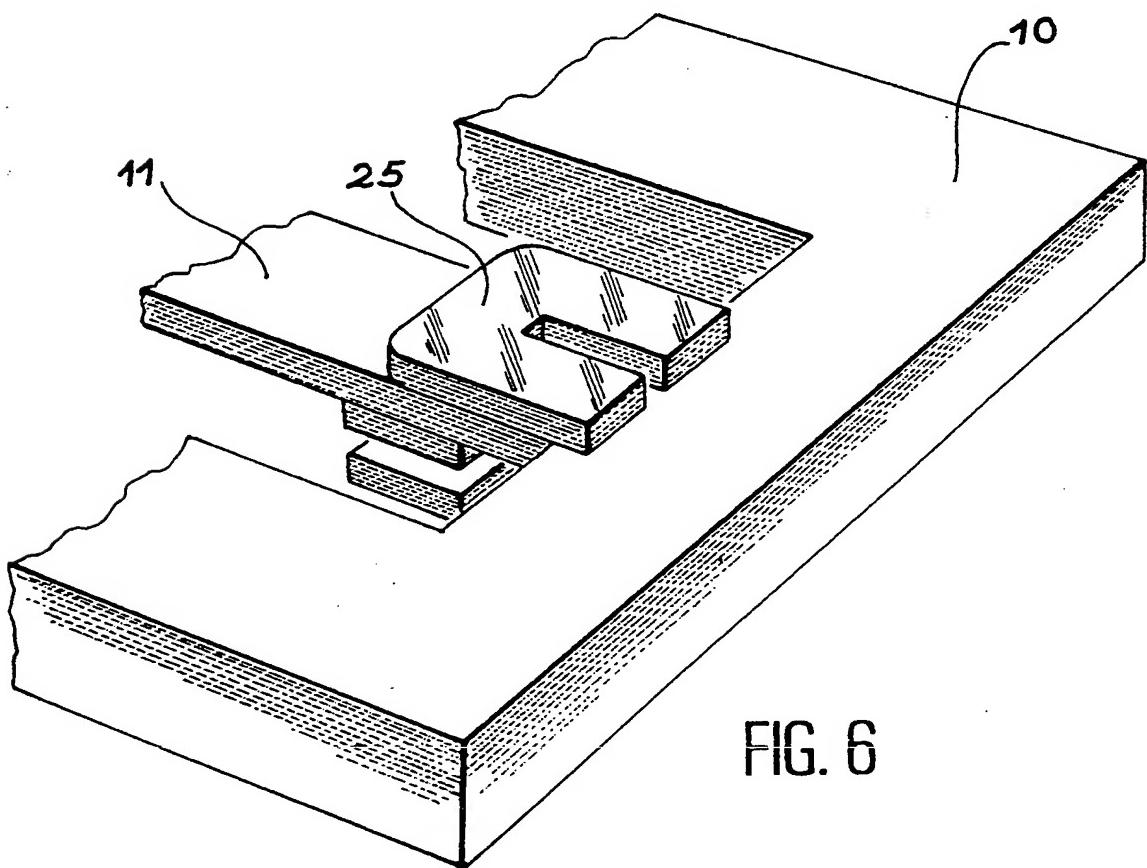
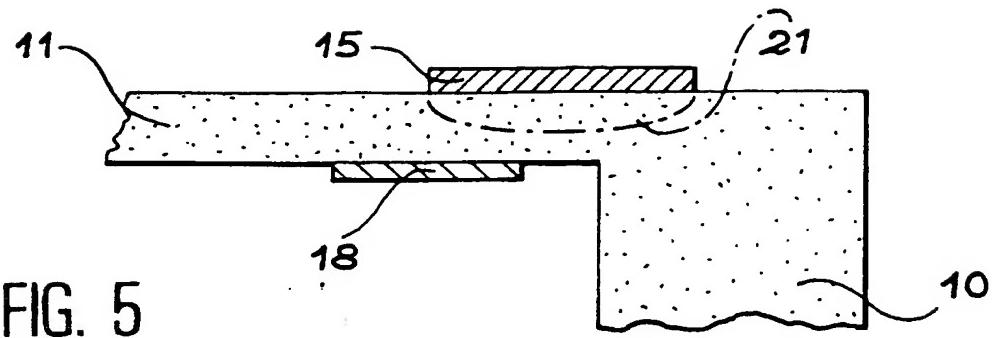


FIG. 4

3 / 3



RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE

N° d'enregistrement national

FA 598635
FR 0017113

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 5 467 068 A (FIELD LESLIE A ET AL) 14 novembre 1995 (1995-11-14) * page 10, alinéas 2-4; figure 6 * ---	1, 2	H01H61/02 H01H37/54 H01H1/00 B81B3/00
E	EP 1 098 121 A (JDS UNIPHASE INC) 9 mai 2001 (2001-05-09) * colonne 7, alinéa 3; figure 2B *	1	
D, A	FR 2 772 512 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 18 juin 1999 (1999-06-18) * figures 9,11 *	1, 2	
A	FR 2 766 962 A (SGS THOMSON MICROELECTRONICS) 5 février 1999 (1999-02-05) * figure 2 *	1	
A	DE 38 09 597 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 5 octobre 1989 (1989-10-05) * colonne 4, alinéa 1; figure 4 *	1	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.Cl.)	
		H01H	
1			
		Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
		11 septembre 2001	Janssens De Vroom, P
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention		
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.		
A : arrière-plan technologique	D : cité dans la demande		
O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons		
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant		